

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Liberec 2008

Václav Mareš

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Studijní program: B 2612 – Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: 1802R022 – Informatika a logistika

Elektronická vyhodnocovací jednotka měřiče propustnosti textilií pro vzduch

Electronic unit for fabric air permeability tester

Bakalářská práce

Autor: **Václav Mareš**
Vedoucí práce: doc. Ing. Ivan Doležal, CSc.
Konzultant: prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.

V Liberci 27.4.2008

(ZDE BUDE VLOŽENO ORIGINÁLNÍ ZADÁNÍ)

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé BP a prohlašuji, že **souhlasím** s případným užitím své bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užití své bakalářské práce či poskytnutí licence k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Ivanu Doležalovi, CSc. za jeho cenné rady a trpělivou pomoc.

Dále bych také rád poděkoval svým rodičům za jejich podporu během mého studia na Technické univerzitě v Liberci.

Abstrakt

Obsahem této bakalářské práce je provedení elektroniky a naprogramování řídicího softwaru pro přístroj měřící hodnoty prodyšnosti plošných textilií. Obvod je navržen tak, aby mohl zpracovat analogový signál od tlakoměru, a také pomocí dvou snímačů polohy vypočetl dobu, za kterou prošel objem plynu danou plochou měřeného materiálu. Výsledné hodnoty jsou zpracovány a je vypočtena hodnota prodyšnosti materiálu. Řídicí elektronika je realizována pomocí mikrokontroléru ATmega32L a jeho firmware je vytvořen za pomoci programovacího jazyka C.

Abstract

The purpose of this study is to provide a software program to be used for measuring the value of a fabric as to its permeability. The circuit is designed so it can detail the analog signal from a pressure gauge and with the assistance of two scanners, position calculation time in which the volume of gas passes through the surface of the material being measured. The final values are determined and the degree of the material's permeability is calculated. Leading electronics are used with microcontroller ATmega32L, and the software is built using program language C.

Seznam tabulek	8
Seznam ilustrací	8
Seznam symbolů, zkratk a termínů	9
1 ÚVOD	10
2 TEORETICKÝ ROZBOR	11
2.1 ČSN EN ISO 9237	11
2.2 Princip činnosti přístroje	12
2.3 Výpočet objemu nádoby	13
2.4 Volba mikrořadiče	13
3 NÁVRH HARDWARE	15
3.1 Úvod	15
3.2 Zapojení	15
3.3 7Segmentový displej	16
3.4 Mikrokontrolér ATmega 32	17
3.4.1 I/O porty	18
3.4.2 A/D převodník	19
3.5 Rozhraní JTAG-AVR	20
4. VÝVOJ FIRMWARE	22
4.1 Zvolený programovací jazyk	22
4.2 AVR studio	22
4.3 Programátor AVR miniICE	23
4.4 Obsluha přerušení	23
4.5 Nastavení I/O portů	25
4.6 Uživatelské rozhraní	26
4.7 Obsluha A/D převodníku	27
4.8 Ukládání do paměti EEPROM	28
4.9 Výpočet variačního koeficientu	29
5. TESTOVÁNÍ	31
5.1 Oživení desky plošných spojů	31
5.2 Kalibrace přístroje	32
5.3 Zkušební měření	34
6. Ekonomické zhodnocení přístroje	36
7. ZÁVĚR	37
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	38

PŘÍLOHA A	39
PŘÍLOHA B	40
PŘÍLOHA C	41
PŘÍLOHA D	42
PŘÍLOHA E.....	43
PŘÍLOHA F	44

Seznam tabulek

- 1 – Funkce pinů
- 2 – Konfigurace pinů
- 3 – Funkce tlačítek
- 4 – Funkce tlačítek ve statistice
- 5 – Výpočet předřadného odporu
- 6 – Naměřené hodnoty prodyšností

Seznam ilustrací

- 1 – Foto přístroje
- 2 – Princip činnosti přístroje
- 3 – Blokové schéma elektroniky přístroje
- 4 – Rozmístění pinů ATmega32
- 5 – Rozhraní JTAG
- 6 – Programátor AVR miniICE
- 7 – Registr TIMSK
- 8 – Registr TCCR1B
- 9 – Pomocné LED
- 10 – Registr ADMUX
- 11 – Registr ADCSRA

Seznam symbolů, zkratek a termínů

firmware	programové vybavení, které je integrální součástí elektronického zařízení
hardware	označuje veškeré fyzicky existující technické vybavení
prodyšnost	rychlost proudu vzduchu procházejícího plochou textlie
port	mikroprocesorový kanál, který umožňuje vysílání nebo přijímání dat
pin	nejmenší jednotka mikroprocesorového kanálu
JTAG	rozhraní pro programování a ladění obslužného programu
TAP	(Test Access Port) definuje přístup k obvodům testovací logiky a umožňuje tak jejich řízení
SPI	sériové komunikační rozhraní
LED	(light emitting diode) elektronická polovodičová součástka vyzařující světlo
EEPROM	elektricky programovatelná paměť
RAM	(Random Access Memmory) druh paměti umožňující zápis i čtení
SRAM	(Static Random Access Memmory) více viz RAM
DPS	desku plošných spojů
LF50CV	stabilizátor s pevným napětím do 40V
MIPS	(millions instructions per second) jednotka označující počet instrukcí vykonaných procesorem za jednu sekundu v násobku miliónu
bit	je nejmenší informační jednotka, která je schopna rozlišit dva stavy: log.1 nebo log. 0 (ANO/NE)
byte(bajt)	je skupina osmi bitů
sběrnice	seskupení několika vodičů podobného významu
instrukce	nejmenší jednotka programu, kterou může programátor využít
mikroprocesor	centrální procesorová jednotka v jediném obvodu
rozhraní	skladba zobrazovacích a ovládacích prvků při komunikaci programu s uživatelem
syntaxe	způsob zápisu programovacího jazyka
patice	zásuvka pro připojení přídatných modulů (například jednočipu)
emulátor	zařízení napodobující činnost jiného zařízení

1 ÚVOD

V dnešní době je na trhu mnoho přístrojů, které jsou určeny k nejrůznějším měřením. Mnohdy jsou však návrh a realizace zbytečně náročné a nákladné. Jedním z důvodů, proč byla realizována tato bakalářská práce, bylo sestavit přístroj, který by byl vytvořen za minimum nákladů, a přitom dosahoval podobných výsledků jako profesionálně řešené zařízení. Zařízení umožňuje provádět nedestruktivní postupy měření a řadí se tak mezi moderní měřicí přístroje. Tato práce byla realizována ve spolupráci s odborníkem, který navrhl originální řešení přístroje, a mým úkolem bylo pro navržené schéma realizovat elektronickou část. Navržený model aparátu splňuje podmínky ČSN EN ISO 9237 pro zjištění prodyšnosti plošných textilií a je chráněn patentovou přihláškou CZ 2001 – 1600 A3 zveřejněnou 11.12.2002 ve věstníku číslo 12/2002.



Ilustrace 1: Foto přístroje

2 TEORETICKÝ ROZBOR

2.1 ČSN EN ISO 9237

Jak bylo uvedeno v úvodu, přístroj splňuje podmínky uvedené v [2] pro zjištění prodyšnosti plošných textilií. Prodyšnost měříme jako rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo danou plochou plošné textilie při stanoveném tlakovém spádu. Norma [2] doporučuje zvolit tlakový spád 100 nebo 200 Pa pro technické plošné textilie. V případech, kdy tyto tlakové rozdíly nelze zajistit nebo nejsou vhodné, je možné alternativně použít tlakový spád 50 Pa nebo 500 Pa a nebo se může zvolit alternativní zkušební plocha 5 cm², 50 cm² nebo 100 cm², pokud jsou tyto podmínky odsouhlaseny zainteresovanými stranami. Upevnění musí být realizováno držákem zkušebních vzorků s otvorem o ploše 5 cm², 20 cm², 50 cm² nebo 100 cm². Odchylka velikosti plochy otvoru však nesmí překročit ± 0,5 %. Prodyšnost lze snadno vypočítat podle vzorce (2.1).

$$R = \frac{\frac{V}{t}}{A} \text{ [cm/s]} \quad (2.1)$$

Kde V [cm³] objem protlačeného vzduchu

t [s] čas, za který byl protlačen daný objem

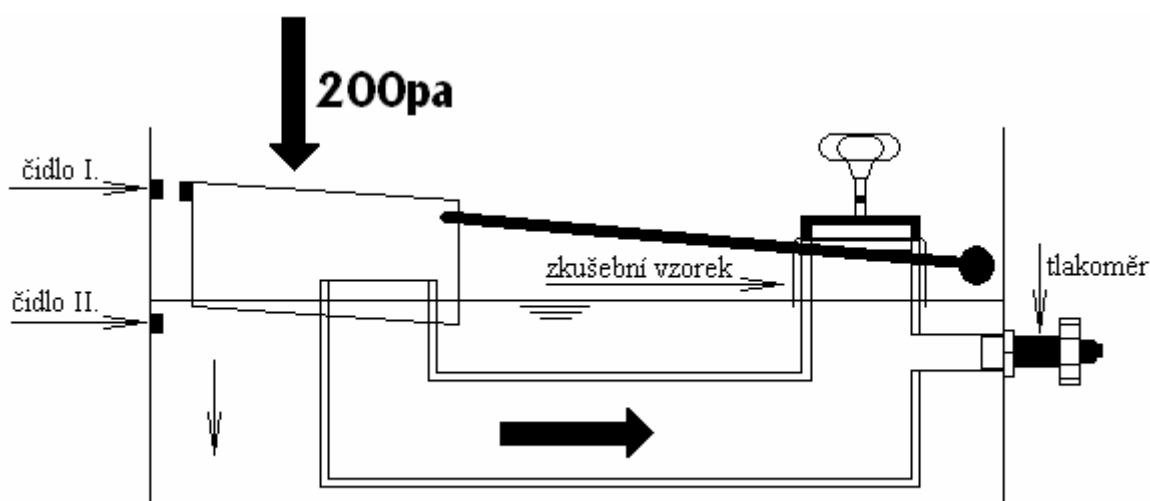
A [cm²] zkoušená plocha textilie v centimetrech čtverečných

Vzorky určené pro měření musí být podle normy ISO 139 před zkouškou klimatizovány. Samotná zkouška pak probíhá v normálním ovzduší. Postup zkoušky popisuje norma [2] tak, že zkušební vzorek se upne do kruhového držáku vzorku s použitím dostatečného napětí, které zabrání vzniku záhybů. Je třeba dbát na to, aby upnutá plocha textilie nebyla deformována. Je třeba se vyhnout švům, zmačkaným místům a skladům. U plošných textilií, jejichž strany mohou být různě prodyšné, se v protokolu o zkoušce uvede, která strana byla zkoušena.

2.2 Princip činnosti přístroje

Sofistikovaná konstrukce přístroje umožňuje velice snadno změřit prodyšnost zkušební vzorku. Princip přístroje je nejlépe vystižen v [1], který ho popisuje tak, že měřený materiál je vystaven proudu stlačené vzdušiny vytvářené vahou pohyblivého, na horní části uzavřeného tlakového zvonu, ponořeného otevřeným dnem do pracovní kapaliny a tím vytvářejícího kapalinový píst, který v důsledku ponořování tlakového zvonu do pracovní kapaliny vytlačuje z objemu tlakového zvonu vzdušinu, která je vyvedena z tlakového zvonu tlakovým potrubím až k měřenému vzorku materiálu, přičemž se měří doba ponoření tlakového zvonu do konečné polohy charakterizující vytlačený objem plynu, čímž jsou určeny všechny parametry pro stanovení propustnosti materiálu v objemu vzdušiny, který při známém tlaku vzdušiny prošel danou plochou měřeného materiálu za jednotku času.

Zařízení se sestává z boxu, ve kterém je umístěna trubice ve tvaru U. Horní otvor této trubice pak uzavírá měřená textilie. Postupným ponořením tlakového zvonu do kapaliny dochází k vyvolání zmíněného tlaku, který poté prochází otevřenou částí druhého konce U-trubice a působí na měřenou plochu textilie. Doba potřebná k protlačení vzduchu v nádobě je měřena pomocí polohových čidel umístěných na stěně boxu a na horní části tlakové nádoby. Aktuální tlak je měřen tlakoměrem vyvedeným z potrubí před ústím trubice. Výsledky naměřených veličin jsou zpracovány a zobrazovány elektronikou umístěnou ve víku přístroje.



Ilustrace 2: Princip činnosti přístroje

2.3 Výpočet objemu nádoby

Hodnota prodyšnosti je závislá na objemu vzduchu, který projde zkoušenou plochou textlie za daný čas. Jelikož jsem neměl k dispozici technickou dokumentaci přístroje, bylo nutné tento objem odhadnout, případně vypočítat. Tvar vaničky však neumožňoval přesnější výpočet, proto bylo vhodnější tento objem odhadnout. Na stěny nádoby jsem vyznačil výšku hladiny v horní a dolní pozici měření. Vyznačený rozsah jsem tak mohl naplnit tekutinou a pomocí odměrného válce zjistit objem. Provedl jsem 5 měření a vypočetl průměr těchto hodnot. Výsledná hodnota činila $2,05 \text{ cm}^3$.

2.4 Volba mikrořadiče

Z výše uvedeného principu činnosti přístroje je patrné, že při volbě mikrořadiče bylo nutné splnit několik zásadních podmínek. Teoretickým rozbořem úlohy jsem musel nejprve odhadnout přibližné množství vstupně-výstupních portů. Ke splnění navržené funkcionality přístroje bylo nutné využít 28 vstupně-výstupních kanálů.

Zobrazování naměřených hodnot a výpočtů mělo být realizováno multiplexováním (podrobněji viz. 3.2) 7segmentového LED displeje. Pro jeho ovládání tak bylo nutné vyhradit 13 kanálů. 8 pro spínání NPN tranzistorů ovládajících katody a 5 pro spínání PNP tranzistorů ovládajících anody displeje s pomocnými LED. Uživatelské rozhraní, tvořené třemi tlačítky, si vyžádalo další 3 piny. Zpracování analogového signálu tlakoměru muselo být provedeno mikrokontrolérem se zabudovaným A/D převodníkem. Tím se teoretický počet využitých bran zvýšil o další jednu pro tento signál. Přidáním pinů pro rozhraní JTAG, čidel a signalizačních LED se počet využitých vstupně-výstupních kanálů rozšířil na 24. Pokud započteme kanály nutné pro běh mikrokontroléru, tak konečný počet potřebných kanálů je roven 28.

Dalším kritériem byla také velikost dostupné paměti. Protože program neměl být velkého rozsahu a kromě dělení neceločíslných hodnot se žádné složitější operace neměli provádět, postačovalo zvolit mikrořadič s pamětí do 32 KB. Vhodnost zvoleného mikrořadiče byla také podmíněna přítomností paměti EEPROM, sloužící především pro ukládání a následné čtení uložených dat.

Všechny vyjmenované podmínky jasně stanovily možnosti volby a z celé řady možných typů byl nakonec vybrán čip s nižší spotřebou energie ATmega 32L-8PI v pouzdře DIL40. Při rozhodování jsem také zohlednil dobrou podporu vývojových prostředí a dostatečné množství dokumentace, která je dostupná pro zvolený mikrokontrolér.

3 NÁVRH HARDWARE

3.1 Úvod

Zapojení jsem zprvu realizoval na nepájivém poli. Hlubším teoretickým rozbořem zadané úlohy jsem nakonec dospěl k finálnímu návrhu, který byl poté realizován jako deska plošných spojů. Návrh obvodu musel být přizpůsoben velikosti prostoru určenému pro usazení DPS. Omezený prostor mě tak donutil využít možnosti výroby oboustranné desky, a součástky tak umístit jak z čelního, tak i ze zadního pohledu. Čelní pohled panelu byl určen pro vytvoření uživatelského rozhraní, tvořeného čtveřicí LED diod, 7segmentovým displejem a třemi tlačítky. Z důvodu omezených prostorových možností bylo také nutné již v průběhu návrhu pečlivě rozvrhnout umístění součástek. Vlastní upevnění elektroniky přístroje k víku boxu je realizováno čtveřicí šroubků. Ty jsou pak zašroubovány do distančních sloupků, určujících vzdálenost DPS od stěny víka přístroje. Takto navržené upevnění umožňuje snadnou manipulaci s elektronikou a esteticky nezhoršuje celkový dojem uživatele na design přístroje.

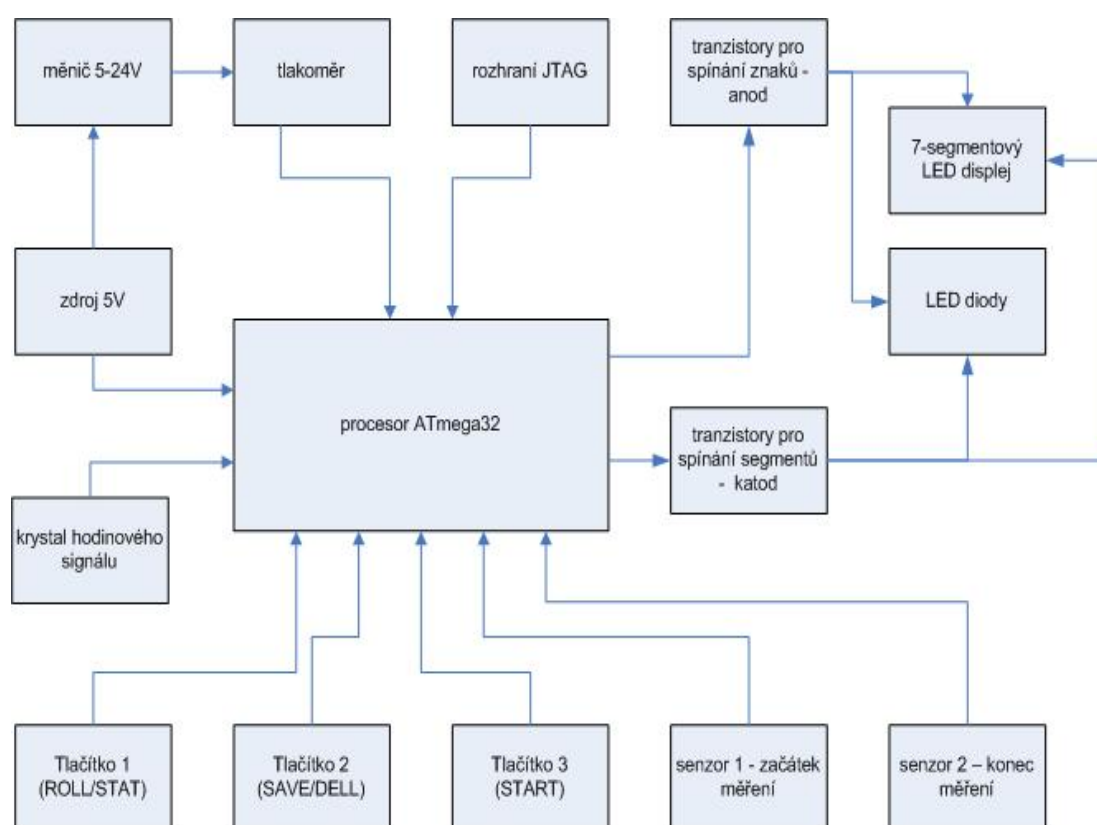
3.2 Zapojení

Celé zapojení je napájeno ze zdroje stejnosměrného napětí +5 voltů. Napětí je stabilizováno pomocí stabilizátoru LF50CV, zapojeného podle katalogového listu, a případné vysoké frekvence jsou filtrovány přes ochranné kondenzátory. Eventuální proudový náraz je ošetřen umístěním indukčnosti před vstupem do mikrokontroléru.

Začleněním tlakoměru do měřicího systému bylo nutné vyřešit rozdílné hodnoty napájecích napětí tlakoměru a mikrokontroléru. Nabízela se dvě možná řešení. Mohl jsem zvýšit napájecí napětí celé desky, nebo použít DC/DC měniče z 5 na 24 voltů. Zvýšení napájecího napětí by však také znamenalo použití stabilizátoru s dostatečně velkým chladičem, a tím tedy i k vytvoření zbytečných ztrát. Vhodnější mi však přišlo zvolit zapojení s DC/DC konvertorem, na kterém nebude docházet k tak velkým úbytkům napětí a ještě bude ušetřeno místo o případnou velikost použitého chladiče. Jako pomocná zátěž měniče byl do obvodu paralelně umístěn 15 k Ω odpor.

Snímače určené pro sledování pohybu nádoby jsou provedeny za pomoci magneticky ovládaných, bezdotykových jazýčkových senzorů. Ty jsou umístěny v plastovém pouzdře a jejich použití je vhodné zejména díky vysoké odolnosti vůči vodě.

Taktovací signál pro běh mikroprocesoru není realizován zabudovaným RC oscilátorem, ale 5 MHz externím krystalem, a to především kvůli přesnému měření času.



Ilustrace 3: Blokové schéma elektroniky přístroje

3.3 7Segmentový displej

Jak bylo výše zmíněno, zobrazování naměřených hodnot a výpočtů je realizováno 7segmentovým displejem. Displej tvoří čtyři znaky, každý se sedmi segmenty a tečkou.

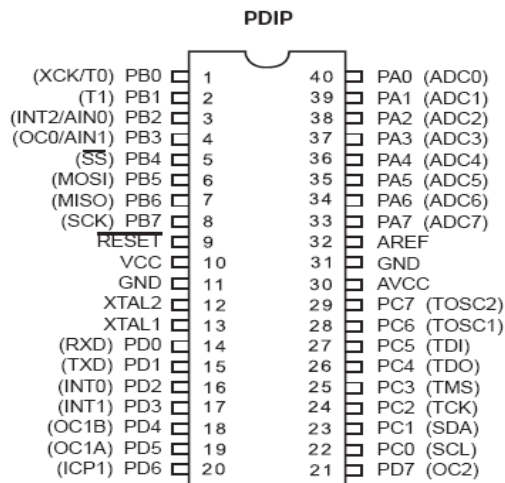
Obsluha všech segmentů by si vyžádala v případě nejjednoduššího zapojení $4 \times 8 = 24$ vstupně/výstupních linek mikrořadiče, což je velmi mnoho. Řešení tohoto problému spočívá ve využití metody multiplexovaného displeje. Tento princip využívá

setrvačnosti lidského oka. Postupným a dostatečně rychlým rozsvěcením jednotlivých znaků dojde k navození pocitu, že v jeden okamžik svítí všechny znaky displeje. V podstatě však svítí v jednu chvíli právě jeden. Jak bylo výše uvedeno (2.4), toto řešení minimalizuje nutný počet řídících signálů pro čtyři znaky a sadu pomocných LED na 13.

Abych docílil dostatečně velkého proudu protékajícího displejem, a tím tedy i dostatečného jasů, musel jsem v obvodu použít dvě sady spínacích tranzistorů. Katody displeje a pomocných LED diod jsou spínány řadou NPN tranzistorů BC337, otevíraných úrovní logické jedničky. Spínání anod je realizováno obdobně, jen s použitím PNP tranzistorů BC369 otevíraných úrovní logické nuly.

3.4 Mikrokontrolér ATmega 32

Klon Atmega 32 pokračuje v architektuře původních mikrořadičů Atmega 8 a Atmega 16. Patří do kategorie dnes nejrozšířenějších 8bitových procesorů RISC s harvardskou architekturou. Umožňuje využít 32 osmibitových pracovních registrů a instrukční sada je tvořena souborem 131 instrukcí. Charakteristickou vlastností procesoru ATmega32 je provádění výkonných instrukcí v jediném hodinovém cyklu, a tím i dosažení 1 MIPS na 1 MHz. Na čipu je také integrován 10bitový A/D převodník schopný měřit s maximální chybou $\pm 2\%$, dva 8bitové čítače/časovače a jeden 18bitový čítač/časovač, které umožňují synchronizaci s vnějším okolím. Mikropočítač obsahuje oddělenou paměť programu a dat. Paměť programu je tvořena zabudovanou Flash pamětí s možností 1000 cyklů přeprogramování a také 1 KB pamětí EEPROM. Pro ukládání dat slouží paměť RAM s kapacitou 1KB. Důležitým prostředkem pro programování a řízení procesoru je možnost využití rozhraní IEEE1149.1 (JTAG). Součástí čipu jsou čtyři 8bitové porty označené písmeny A-D. Zajímavou vlastností je také zabudovaný RC oscilátor. V případě jeho použití tak není třeba připojovat krystal nebo vnější zdroj hodinového signálu. Za zmínku určitě také stojí jedna z nejdůležitějších vlastností, a to, že procesor je optimalizován pro běh programů napsaných v jazyce C. Podrobnější popis vlastností procesoru na tomto místě nemá opodstatnění a další informace o procesoru jsou proto vysvětleny v následujících kapitolách.



Ilustrace 4: Rozmístění pinů ATmega32

3.4.1 I/O porty

Pro komunikaci s vnějšími periferiemi je možné využít až 48bitové obousměrné brány označené jako PORT A – PORT D. Jednotlivé piny portů mohou být použity jako vstupní či výstupní kanály. Výstupy portů jsou schopny dodávat/odebírat proud až 40 mA, celkově však nesmí proud všech portů překročit 400 mA. U každého z kanálů lze využít interních pull-up rezistorů (cca 20–50 kΩ). PORT A je určen především jako vstupní pin pro A/D převodník.

Ve své aplikaci jsem využil všech čtyř bran. Pro lepší přehlednost a jednodušší realizaci je zvoleno umístění všech vstupních signálů do jednoho portu. Stejně tak jsou voleny i porty pro výstup. Jak bylo uvedeno výše, PORT A je primárně určen pro práci s A/D převodníkem. Použil jsem tak jednoho vstupního kanálu z tohoto portu pro signál z převodníku a další kanály pro tlačítka tvořící rozhraní mezi uživatelem a přístrojem. Porty A a B jsou využity pro ovládání LED displeje. Zbývající PORT C je vyhrazen pro rozhraní JTAG. Více o rozhraní JTAG-AVR (viz 3.4).

Tabulka 1: – funkce pinů

pin	port	popis		pin	port	popis	
1	PB0	A	Vysvícení segmentů displeje	21	PD7		
2	PB1	B		22	PC0		
3	PB2	C		23	PC1	TDI	Rozhraní JTAG
4	PB3	D		24	PC2	TCK	
5	PB4	E		25	PC3	TMS	
6	PB5	F		26	PC4	TD0	
7	PB6	G		27	PC5		
8	PB7	DP		28	PC6		
9	RESET	RESET		29	PC7		
10	Vcc	Napájení +5V		30	AVCC	Napájení +5V	
11	GND	GND		31	GND	GND	
12	XTAL2	krystal 5MHz		32	AREF		
13	XTAL1	krystal 5MHz		33	PA7		
14	PD0	1. segment	Spínání znaků displeje + LED	34	PA6		
15	PD1	2. segment		35	PA5	senzor 2	
16	PD2	3. segment		36	PA4	senzor 1	
17	PD3	4. segment		37	PA3	vstup pro převodník	
18	PD4	LED		38	PA2	tlačítko 3	
19	PD5			39	PA1	tlačítko 2	
20	PD6			40	PA0	tlačítko 1	

3.4.2 A/D převodník

Mikrokontrolér ATmega32 je vybaven zabudovaným A/D převodníkem, což umožňuje měřit celou řadu fyzikálních veličin. Jednou z měřených veličin v přístroji je i tlak. Pro získání jeho hodnoty byl do přístroje zabudován tlakoměr, který generuje analogový signál v rozsahu 0-5 V s přesností +/- 1 %. Využitím A/D převodníku je tento signál nevzorkován a je vypočtena průměrná hodnota přetlaku. Jako referenční napětí jsem si zvolil vnitřní zabudovanou referenci převodníku o hodnotě 2,56 V. Takto zvolená reference mi umožnila využít jen polovinu z rozsahu tlakoměru a zvýšit tak rozlišení převodníku. Převodník umožňuje využít až 10bitové rozlišení s rychlostí převodu až 15 kSPS (15 000 vzorků za sekundu).

3.5 Rozhraní JTAG-AVR

Konstrukce procesoru Atmega32 splňuje normou IEEE 1149.1, a umožňuje tak programování a ladění programu buď klasickým způsobem (paralelně) pomocí SPI rozhraní, nebo pomocí programovacího rozhraní JTAG. Paralelní programování je poměrně komplikované.

Naprogramování mikrokontroléru totiž musí být provedeno za pomoci speciálního programátoru. Do jeho patice je upnut programovatelný jednočipový mikropočítač, a teprve poté může dojít k jeho naprogramování. Tento způsob je velice složitý a brzdí celý vývoj aplikace. Proto je mnohem výhodnější použít zmíněného rozhraní JTAG. Bylo řečeno [3], že rozhraní umožňuje vytvořit propojení mezi jednotlivými komponenty, osazenými na desce plošných spojů; testování samotného integrovaného obvodu; nebo třeba sledovat jeho chování. Všechny obvody, splňující normu JTAG dovolují načtení testovacích instrukcí a dat. Přenos instrukcí, testovaných dat a výsledků je prováděn sériově. Využití tohoto rozhraní nevyžaduje použití dalších speciálních emulátorů a na rozdíl od paralelního programování, lze vyvíjet program přímo na desce určené pro danou aplikaci, a je tak velkou podporou pro ladění celého firmwaru.

Hlavními přednostmi jsou:

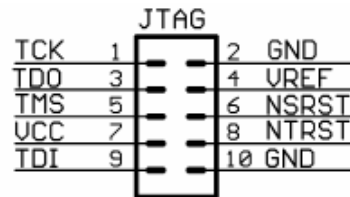
- napájecí napětí 5 V
- rozhraní navržené pro spolupráci s AVR studiem
- není třeba externího napájení – napájení je bráno ze zařízení
- patice na JTAG konektor 2x5 kontaktů

Přístup k obvodům testovací logiky a také jejich řízení je realizováno takzvaným Test Access Portem (TAP). Je sestaven ze tří vstupních a jednoho výstupního signálu.

Nejdůležitějšími signály jsou:

- **TCK** (Test Clock Input) - Umožňuje používání sériové datové cesty nezávisle na hodinách jednotlivých komponentů.
- **TMS** (Test Mode Select Input) - Tento vstupní signál slouží k výběru testovacích operací.
- **TDI** (Test Data Input) – Datový vstup používaný k pohybu testovacích dat obvodem. Hodnota na vstupu je snímána při náběžné hraně TCK.

- **TDO** (Test Data Output) – Datový výstup.
- **TRST** (Test Reset Input) – Tento signál je nepovinný. Pokud je však připojen, tak pro logickou nulu musí řadič TAP přejít do stavu Test-Logic-Reset. Resetování řadiče však můžeme dosáhnout i jinak, a to buď aplikací logické jedničky na signál TMS po dobu minimálně pěti náběžných hran TCK, nebo zapnutím napájení integrovaného obvodu.



Ilustrace 5: Rozhraní JTAG

4. VÝVOJ FIRMWARE

4.1 Zvolený programovací jazyk

V současné době se většina systémového programování realizuje pomocí jazyka C. Za popularitou tohoto jazyka stojí především stálost v syntaxi, která se od svého vzniku v roce 1973 téměř nezměnila. Další velkou výhodou je přehlednost kódu, která je mnohem větší, než u programů napsaných v jazyce assembler, a snadná přenositelnost na jiné platformy mikroprocesorů. Důležitým požadavkem při volbě jazyka byla také jednoduchost realizace matematických výpočtů, kterou zvolený programovací jazyk úspěšně splňuje. Při rozhodování jsem chtěl také využít mých znalostí programovacího jazyka PHP, který má se zmíněným programovacím jazykem velice podobný způsob zápisu. Z výše popsaných důvodů jsem tedy zvolil psaní programu pro mikroprocesor v jazyce C.

4.2 AVR studio

Pro snadné psaní, překlad a programování zdrojového kódu existuje mnoho nástrojů. Nejrozšířenější způsob práce s mikroprocesory je využití komerčních programů. Komerční vývojová prostředí vynikají především svojí technickou podporou, dokumentací a vysokou propracovaností. Levnějším a přesto plnohodnotným prostředím je programový balík AVR studio.

Je to profesionální integrované vývojové prostředí pro psaní a ladění AVR aplikací. Studio poskytuje řídicí nástroje, editor zdrojového kódu a simulátor mikroprocesoru. Dále také umožňuje integrovat GNU překladač WinAVR a umožnit také práci s programovacím jazykem C/C++. Doporučuje se[4] nejprve nainstalovat WinAVR, a poté teprve AVR studio. Nevýhodou tohoto prostředí je omezená velikost kompilovaného programu. Pro moji aplikaci však naprosto dostačující. Tento balík je open-source program a je volně ke stažení.

Mezi hlavní výhody tohoto prostředí patří:

- editor zdrojového kódu s barevným odlišením příkazů a možností nápovědy
- kompilátor jazyka C a assembleru pro mikrořadiče řady AVR
- ladění a krokování programu umožňuje implementovaný debugger

- programování přes rozhraní JPEG (viz. *Rozhraní JTAG-AVR*) s SPI
- zobrazení vstupně-výstupních registrů a aktuální hodnoty všech pamětí
- pomocí emulátoru lze připojit testované zařízení, které pak lze snadno ladit přímo v prostředí programu
- on-line pomoc ve formátu HTML
- kompatibilní s operačními systémy: Windows® 9x / NT / 2000 / XP

4.3 Programátor AVR miniICE

Jednoduchým zařízením pro programování rodiny mikrořadičů ATMEGA je AVR miniICE. Podporuje komunikaci přes JTAG rozhraní a ve spolupráci s AVR studiem (viz. 4.3) tak tvoří silný nástroj pro odstraňování chyb v programu.

Základní rysy:

- podporuje Atmel AVR JTAG ICE (viz. 3.4)
- programování většiny ATMEGA mikrořadičů s JTAG rozhraním
- podpora odstranění chyb v reálném čase
- firmwarové vybavení je aktualizovaný přímo z AVR studia
- napájený z cílové aplikace
- komunikuje s AVR studiem přes sériový port
- diagnostická LED



Ilustrace 6: Programátor AVR miniICE

4.4 Obsluha přerušení

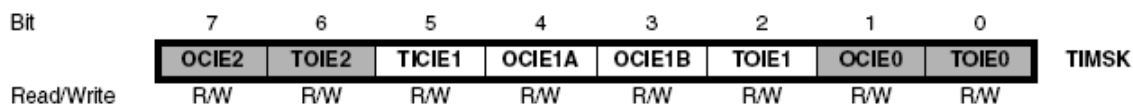
Řízení běhu programu může být ovlivněno vyvoláním přerušení. Tato přerušení se dělí na vnější a vnitřní. Vnější přerušení jsou vyvolána přivedením logické jedničky na vstupy INT1, INT2, INT3 nebo RESETu. Z těchto funkcí je uplatněno pouze přerušení od RESETu, které vychází ze samotné konstrukce mikrořadiče. Dalších funkcí už jsem však nevyužil a zaměřil se na přerušení vyvolávané postupným během programu.

Důležitým předpokladem pro správné fungování celého programu je možnost využití opakovaného volání jednotlivých částí kódu programu. Přítomnost vnitřního přerušení od čítače/časovače1 nám toto umožňuje, a už z názvu je patrné, že k tomu bude docházet v pravidelných časových intervalech. Díky této vlastnosti mikrořadiče jsem tak mohl sledovat a poté i ovládat řadu procesů. Jedním z nich bylo i ovládání LED displeje. Aby mohl být displej řízen pouze dvanácti kanály, bylo nutné využít principu multiplexování displeje, a tím tedy i v pravidelných intervalech provádět inicializaci jednotlivých znaků displeje. Prováděním inicializace s dostatečně vysokou frekvencí pak dojde k navození představy, že displej svítí nepřerušovaně. Minimální obnovovací frekvence displeje a pomocných LED však musí být vyšší než 75 Hz. Já jsem zvolil obnovovací frekvenci 200 Hz. Přerušení od čítače/časovače1 je provedeno tisíckrát za sekundu. V průběhu každého přerušení je tak vysvícen jeden znak a obnova celého displeje s pomocnými LED tedy trvá 5 ms.

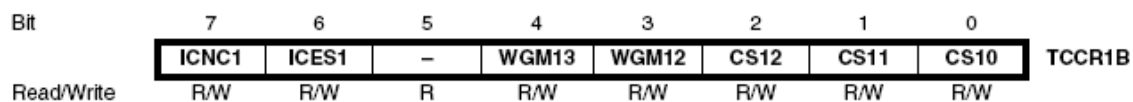
Jak bylo uvedeno výše, jednotlivá přerušení budou vykonávána v pravidelných intervalech. Tím bylo možné do obsluhy přerušení zavést proměnnou a její pravidelnou inkrementaci v intervalech 1ms sledovat čas.

Pro práci s přerušeními je nutné nejprve připojit knihovnu interrupt.h. Dále také musí být v hlavní funkci main povoleno globální přerušení makrem sei() a nastaven registr TIMSK. V tomto registru je zvoleno přerušení od čítače/časovače1 vyvolané přetečením 16bitového registru TCNT1. Mikroprocesor je taktován 5 MHz krystalem, čili potřebný čas na vykonání jedné instrukce je roven 0,2 μ s. 5000 instrukcí je tedy vykonáno za 1 ms. A odečteme-li 41 instrukcí potřebných na vykonání přerušení, dostaneme výslednou hodnotu 4959 instrukcí. Pravidelné volání obsluhy přerušení ve zmiňovaném intervalu 1ms je tedy zabezpečeno uložením hodnoty 60577 do registru TCNT1 vypočtené jako rozdíl maximální hodnoty registru a čísla 4959.

Do funkce přerušení jsou předávány proměnné, proto musejí být při deklaraci označeny atributem volatile, který je zpřístupní i mimo tělo hlavní funkce main. Vlastní zapnutí časovače je realizováno nastavením bitu CS10 v registru TCCR1B. Ten říká, že hodinový signál bude odvozen od kmitočtu mikrokontroléru a že nebude použito žádné předděličky signálu. Názorná ukázka zdrojového kódu přerušení od čítače/časovače1 (viz. příloha A)



Ilustrace 7: Registr TIMSK



Ilustrace 8: Registr TCCR1B

4.5 Nastavení I/O portů

Každý kanál portu může pracovat v režimech čtení, zápisu a modifikovaném režimu. Kanály jsou řízeny třemi 8bitovými registry. Jednotlivé piny jsou nezávislé na ostatních a změna logické úrovně jednoho pinu neovlivní druhý.

DDRx – (Data Direction Registr) směrově-datový registr

PINx – registr vstupních hodnot

PORTx – registr výstupních hodnot

Pomocí registru DDRx lze nastavit, zda bude port výstupní či vstupní. Pokud chceme použít port jako vstup, například pro testování zmáčknutého tlačítka, musí být nastaven příslušný bit registru na hodnotu 1. V případě výstupu musí být odpovídající bit registru nastaven do 0 a na PORTx nastavena výstupní hodnota pinu.

Tabulka 2: Konfigurace pinů

DDRx	PORTx	PUD	I/O	Pull-up	Popis
0	0	X	Vstup	Ne	Třetí stav(vysoká impedance)
0	1	0	Vstup	Ano	Zdrojový proud z VCC
0	1	1	Vstup	Ne	Třetí stav(vysoká impedance)
1	0	X	Výstup	Ne	Výstup 0
1	1	X	Výstup	Ne	Výstup 1

Většina bran obsahuje piny s alternativními funkcemi. PD.2(INT0) a PD.3(INT1) mají alternativní funkci vnějšího přerušení. Za určitých podmínek lze na piny PB.6 a PB.7 připojit například i externí krystal hodinového signálu. Ve své aplikaci jsem využil alternativní funkce portu C pro JTAG rozhraní a pin PA.3 jako vstupní kanál analogového signálu z tlakoměru.

4.6 Uživatelské rozhraní

Hlavním požadavkem při návrhu hardwaru bylo vytvořit uživatelské rozhraní s minimálním počtem ovládacích prvků. Navržené schéma přístroje tak umožňuje uživateli přistupovat a řídit běh programu pomocí tří tlačítek. Omezený počet těchto prvků mě však donutil maximalizovat jejich využití. Jako nejvhodnější řešení postačovalo využít měření intervalu mezi stisknutím a rozpojením tlačítka. Díky tomu jsem v programu mohl sledovat dlouhý, popřípadě krátký stisk, a podle toho pak také rozlišit, jaká část programu se má vykonat. Vlákno programu může běžet ve dvou odlišných režimech. Pokud obsluhuje přístroje postačuje zobrazení jen aktuálních výsledků měření, tak program běží v normální režimu. Jestliže však uživatel chce zobrazit výsledky několika předešlých měření nebo výsledek vypočteného variačního koeficientu, musí přejít do režimu statistiky.

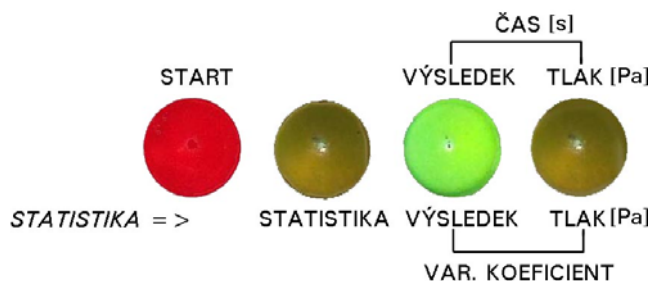
Tabulka 3 – Funkce tlačítek

	Tlač. 1 (žluté)	Tlač. 2 (červené)	Tlač. 3 (modré)
krátký stisk	změna veličiny	uložení hodnoty	START
dlouhý stisk	statistika	bez funkce	bez funkce

Tabulka 4 – Funkce tlačítek ve statistice

	Tlač. 1 (žluté)	Tlač. 2 (červené)	Tlač. 3 (modré)
krátký stisk	změna veličiny	další měření	START
dlouhý stisk	měření	smazání statistiky	bez funkce

Aktuální zobrazované veličiny na displeji přístroje jsou snáze pochopitelné díky čtveřici LED umístěných na předním panelu přístroje. Jejich jednotlivé rozsvícení pak signalizuje zda se uživatel nachází v režimu start, režimu statistiky a typ zobrazované veličiny.



Ilustrace 9: Pomocné LED

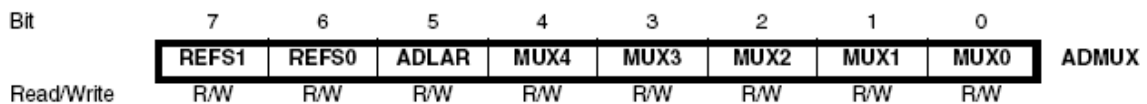
4.7 Obsluha A/D převodníku

Stejně jako u přerušení od čítače/časovače1 je nutné před použitím převodníku nastavit řadu registrů. Vstup, na který bude přiváděn analogový signál, volíme zápisem bitů MUX0 až MUX4 do registru ADMUX. Zapsáním logické jedničky do bitu MUX0 a MUX1 jsem zvolil vstup převodníku na portu PA.3. V tomto registru je také nutné zvolit ukazatel na referenci napětí. Činnost A/D převodníku se pak povoluje bitem ADEN z registru ADCSRA. V případě, že ADEN=0, je převodník vypnut a nespotřebovává tedy žádnou energii. Výsledek převodu je uložen v registru ADCW, který se skládá z registrového páru ACH:ADCL.

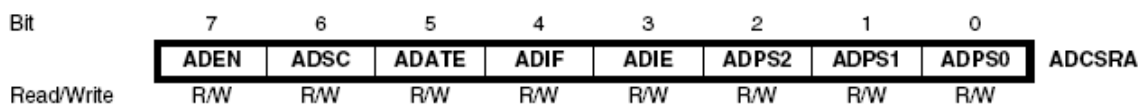
$$\text{ACH:ADCL} = 1024 * \left(\frac{U_{\text{vst}}}{U_{\text{ref}}} \right) \quad (4.7)$$

Kde U_{vst} – vstupní napětí (přibližně 1,1 V)

U_{ref} – vybrané referenční napětí (2,56 V)



Ilustrace 10: Registr ADMUX



Ilustrace 11: Registr ADCSRA

Výsledek získaný z registru ADCW odpovídá vzorci (4.7). Tuto hodnotu však nelze brát jako výsledný tlak a musí dojít k přepočtu. Přepočtení je provedeno vydělením výsledku kalibrační konstantou. Tato hodnota byla vypočtena jako podíl výsledku převodu potřebným tlakem 200 Pa. Kalibrační konstanta převodníku pak vyšla 2,18.

4.8 Ukládání do paměti EEPROM

V jistých případech je výhodné využít zálohování dat do paměti EEPROM. Průběžné ukládání dat zamezí v případě náhlého výpadku napětí znehodnocení celého měření. Je však třeba zdůraznit, že zápis do paměti musí být prováděn až po splnění určitých podmínek. V mém případě potvrzením tlačítka SAVE. Paměť typu EEPROM má totiž omezený počet zápisů (50 000) a operace čtení, popřípadě zápisu, je poměrně zdoluhavá.

Ukládání do paměti musí předcházet vytvoření pole skupiny hodnot stejného datového typu. Pole musí mít definovaný rozsah a typ ukládaných hodnot. Velikostí rozsahu pole vlastně říkáme, jak velké místo má být v paměti alokováno. Velikost použité paměti nám umožňuje ukládání pouze omezeného počtu hodnot. V případě mnou zvoleného mikrokontroléru to je 1024 bytů. Jestliže zohledníme velikost ukládaného datového typu, což u integeru činí 4 byty, mohu do paměti uložit až 256 hodnot. Provedená měření jsou ukládána jako dva parametry. Prvním údajem je výsledná hodnota prodyšnosti a druhý údaj určuje tlakový spád, za kterého proběhlo měření. Vytvořil jsem tedy dvě pole integerů v rozsahu 102 hodnot, které umožňují uložit hodnoty až 100 měření.

Na tomto místě je asi vhodné zdůraznit, že Atmel ve své literatuře [5] doporučuje nepoužívat adresu 0 v paměti EEPROM, a to především proto, že tato hodnota může být při resetu mikrokontroléru přepsána. V souvislosti se skutečností, že v průběhu měření je nutné také registrovat aktuální počet uložených hodnot, jsem vyčlenil první položku pole pro tento údaj. Za zmínku určitě stojí jedna důležitá vlastnost jazyka C. Překladač nekontroluje rozsah použitého indexu. Pokud se o tuto skutečnost nepostaráme sami, můžeme číst nesmyslné hodnoty při odkazu na neexistující prvky pole, respektive paměti. Program je ošetřen podmínkou if, která při pokusu o zapsání hodnot na 102. prvek pole přepíše aktuální počet měření a další naměřené hodnoty budou již ukládány znovu od adresy 2.

Ošetření ukládání mimo rozsah paměti:

```
if(SAVE)
{
    eeprom_write_word( &tlaky[pocet+1] , x);           //uložení tlaku
    eeprom_write_word( &vysledky[pocet+1] , vysledek);   //uložení výsledku
    pocHodnot = eeprom_read_word( &tlaky[1] );          //čti 1. člen epole
    if(pocHodnot == 102)                                //ošetření aby nedošlo k ukládání mimo rozsah
        paměti
        {
            pocet=0
            eeprom_write_word( &tlaky[1] , 0);           //zapiš do 1. členu epole
            eeprom_write_word( &tlaky[2] , x);           //zapiš do 2. členu epole
            eeprom_write_word( &vysledky[2] , vysledek); //zapiš do 2. členu epole
            pocHodnot= eeprom_read_word( &tlaky[1] );
        }
    pocHodnot=pocHodnot+1;                               //byla uložena další hodnota
    eeprom_write_word( &tlaky[1] , pocHodnot);
    pocet=pocet+1;
}
```

4.9 Výpočet variačního koeficientu

V programu je možné využít přeprogramované funkce pro výpočet variačního koeficientu. Uživatel tak má přehled o variabilitě všech výsledků měření uložených ve statistice. Variační koeficient je definován jako podíl výběrové směrodatné odchylky a průměru.

$$Vx = \frac{Sx}{\bar{x}} \times 100 \text{ [%]} \quad (4.10a)$$

Kde Vx je variační koeficient.

Sx je výběrová směrodatná odchylka

\bar{x} je aritmetický průměr.

$$Sx = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4.10b)$$

Kde n je počet naměřených hodnot

\bar{x}_i je naměřená hodnota

\bar{x} je aritmetický průměr

Výpočet variačního koeficientu

```
float Sx2,Sx,Vx,PRUMER;

Sx=0;
Vx=0;
//-----výpočet var. koeficientu-----
PRUMER=0;
Sx=0;
n=pocHodnot+2;
for (i=2; i<n; i++)
{
    PRUMER=PRUMER+eeprom_read_word( &vysledky[i]);
};
PRUMER=PRUMER/pocHodnot;
for (i=2; i<n; i++)
{
    Xi=eeprom_read_word( &vysledky[i]);
    Sx2 = (Xi-PRUMER)*(Xi-PRUMER);
    Sx=Sx+Sx2;
};
Sx=Sx/(pocHodnot-1);
Sx = sqrt(Sx);
Vx=(Sx/PRUMER)*100;                //výsledek
Vx=Vx*10;
int round(float Vx);              //zaokrouhlení výsledku
eeprom_write_word( &vysledky[1] , Vx); //zápis var. koeficientu
//-----
```

5. TESTOVÁNÍ

5.1 Oživení desky plošných spojů

Po osazení desky plošných spojů přišlo na řadu testování obvodu. Bohužel, již v počátku byly zjištěny chyby při návrhu. V zapojení jsem naprosto opomněl umístit předřadné odpory ke katodám displeje a pomocných LED, což by v případě nezjištění způsobilo neregulovaný průtok proudu a v krajním případě zničení součástek. Další chybou bylo opomenutí propojení záporného vstupu s výstupem měniče.

Vzniklý problém ochranných odporů jsem vyřešil připájením osmice SMD odporů na cesty plošného spoje mezi kolektory NPN tranzistorů a katody displeje. Hodnoty těchto odporů byly vypočteny podle následujících pravidel. Z katalogového listu součástek jsem získal maximální možný proud, což u displeje činilo špičkově až 150 mA, v případě trvalého zatížení už však jen 30 mA. Za podmínky, že program provede každou milisekundu obsluhu přerušení, a tím tedy bude znak displeje vysvícen jen po krátkou dobu, mohl být zvýšen protékající proud až na 53 mA. Pro výpočet předřadných odporů bylo nutné také stanovit úbytky napětí. Pro displej byla odečtena hodnota z katalogového listu a činila 2 V. Měření úbytků napětí na tranzistorech bylo provedeno na osciloskopu. V případě PNP tranzistoru 0,4 V a pro NPN tranzistor 0,1 V. Výsledné napětí tak činilo 2,5 V.

Unap - napájecí napětí zdroje

Ud - úbytek napětí na displej

Ub₁ - úbytek napětí na tranzistoru PNP

Ub₂ - úbytek napětí na tranzistoru NPN

If - maximální hodnota proudu

Tabulka 5 – Výpočet předřadného odporu

$$R = \frac{Unap - (Ud - Ub_1 - Ub_2)}{If} \quad [\Omega] \quad R = \frac{5 - (2 - 0,4 - 0,1)}{0,053} \quad \Omega$$

$$R = 47 \quad \Omega$$

Výsledná hodnota odporu tak činila 47 Ω .

5.2 Kalibrace přístroje

Realizace nového přístroje vyžaduje provést řadu srovnávacích měření a ověřit tak správnost konstrukce přístroje. Měření byla provedena pro 17 rozdílných typů tkanin na švýcarském přístroji FX 3300. Předpokládal jsem, že výsledky naměřené na tomto přístroji odpovídají opravdu skutečnosti, a že podle nich mohu provést kalibraci svého přístroje. Přístroj byl navržen pro měření prodyšností plošných textilií. Výběr vzorků proto musel pokrývat celou škálu textilií, které budou na přístroji měřeny. Vybrány byly vzorky s vysokou prodyšností, jako je například hedvábí a řada druhů pletenin, zároveň však také látky s prodyšností mnohem nižší. Mezi materiály s nejnižší prodyšností lze zařadit látky určené pro výrobu košil, nebo třeba pánských kalhot.

Pro všechny vybrané materiály bylo provedeno 5 měření na různých místech tkaniny. Z výsledných hodnot pak byl vypočten průměr, a tím eliminován vliv nestejné prodyšnosti látky v ploše. Z tabulky 5.2 je patrné, že u látek s vysokou prodyšností se naměřená hodnota dostávala mimo rozsah měření. Hlavní příčinou je navržená konstrukce přístroje. U látek s vysokou prodyšností totiž měření proběhne velice rychle, a přístroj tak nestihne vyvinout tlakový spád 200 Pa.

Tabulka 6: – Naměřené hodnoty prodyšností

vzorek	přístroj A - FX 3300		přístroj B			podíl časů
	prodyšnost [cm/s]	čas[s]	prodyšnost [cm/s]	čas[s]	tlak [Pa]	
mimo rozsah	413,50	0,25	338	0,30	93,00	0,83
mimo rozsah	307,00	0,33	253,7	0,40	119,00	0,83
mimo rozsah	201,00	0,50	228	0,45	145,00	1,11
mimo rozsah	141,50	0,72	169,1	0,60	167,00	1,20
mimo rozsah	130,00	0,78	164,43	0,62	170,00	1,26
mimo rozsah	121,67	0,83	157,05	0,65	175,00	1,28
mimo rozsah	73,38	1,38	92,73	1,09	186,00	1,27
1	58,37	1,74	76,7	1,32	192,00	1,32
2	54,58	1,86	68,83	1,47	193,00	1,27
3	49,77	2,04	64,97	1,56	195,00	1,31
4	46,30	2,19	59,8	1,70	196,00	1,29
5	43,18	2,35	56,43	1,80	195,00	1,31
6	38,30	2,65	55,3	1,84	197,00	1,44
7	17,73	5,72	25,18	4,03	200,00	1,42
8	13,30	7,63	18,45	5,50	200,00	1,39
9	7,35	13,81	10,14	10,00	200,00	1,38
10	6,23	16,29	7,8	13,01	200,00	1,25

Výsledky uvedené v tabulce potvrdily, že k získání správných hodnot měření bude nutné provést kalibraci přístroje. Hlavní příčinou rozdílu naměřených hodnot je netěsnost upínací hlavy a pokles tlaku u látek s vyšší porositou. Za správné hodnoty jsem považoval ty, u kterých v průběhu měření nepoklesl střední tlak pod hranici 5 %.

Vzhledem k tomu, že upnutí látky je zajištěno pouze gumovým těsněním na dolní části čelisti dochází k úniku vzduchu po stranách vzorku. Dostatečnou těsnost upínací hlavy jsem ověřil upnutím rovného plechu do čelisti přístroje a pozorováním pohybu nádoby. V ideálním případě by neměl být zaznamenán žádný pohyb. Během několika minut však nádoba klesla na dno přístroje. Tím bylo potvrzeno, že v průběhu měření bude nejspíš docházet ke vzniku nepřesností. Jelikož se dalo předpokládat, že tato nepřesnost bude s rostoucím časem lineárně vzrůstat, mohl jsem výpočetní vzorec (2.1) rozšířit o konstantu, a tak eliminovat chybu měření. Hodnotu této konstanty jsem vypočetl jako průměr z podílů naměřených časů na přístrojích A a B uvedených v tabulce (5.4.1).

$$K = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n X_i \quad (5.4a)$$

$$K = 1,34$$

Kde **K** je kalibrační konstanta

X_i je podíl jednotlivých časů;

n je počet měřených vzorků čili 15;

Chybu, vzniklou poklesem tlaku, bylo možné řešit dvěma způsoby. Mohl jsem využít interní normy č. 33-302-01/01, která popisuje postup měření pro přístroje s omezeným měřicím rozsahem nebo znovu upravit výpočetní vzorec.

Výše zmíněná norma líčí alternativní způsob měření, kdy je využito skládání látek do vrstev a pomocí přepočítávacích vzorců je pak vypočtena výsledná hodnota prodyšnosti. Přehýbání látek je však značně nepraktické a časově velice náročné. Tudíž bylo vhodnější využít druhého způsobu a upravit vzorec výpočtu. Vycházel jsem z předpokladu, že pokles tlaku lineárně odpovídá snížení prodyšnosti látky. Výslednou hodnotu prodyšnosti jsem pak vynásobil poměry zvoleného tlaku (200, nebo 100 Pa) a skutečnou hodnotou středního tlaku zjištěného v průběhu měření.

Výpočet upravené hodnoty prodyšnosti pro měřicí přístroj se tedy vypočítá podle níže uvedeného vztahu. Výsledky naměřených hodnot jsou zobrazovány v $\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{s}$ po zkrácení tedy cm/s .

$$R = \left(\frac{\frac{V}{t \times K}}{A} \right) * \frac{200}{P} [\text{cm} / \text{s}] \quad (5.4b)$$

Kde V je objem nádoby (množství vzduchu) ;

t je čas, za který byl protlačen daný objem;

A je zkoušená plocha textilie v centimetrech čtverečných;

K je spočtená konstanta (chyba přístroje);

P je skutečnou hodnotou středního tlaku

5.3 Zkušební měření

Předmět zkoušky:

Byla provedena dvě srovnávací měření prodyšnosti na přístrojích FX 3300 a na nově vytvořeném zařízení. Měření se týkala souboru vybraných tkanin s rozdílnými prodyšnostmi. Zkouška byla provedena podle normy ČSN EN ISO 9237: 1996 s využitím dodatku této normy – interní normy č. 14-203-01/01.

Charakteristika zkoušeného materiálu:

Zkoušeno bylo 5 tkanin lišících se navzájem jemností přízí, zátěrem, vazbou apod. Jejich přesné materiálové složení není známo. Vzorky byly ponechány 48 hodin v laboratorních podmínkách a tím provedena jejich klimatizace. Měření probíhala zároveň na obou přístrojích.

Zkušební podmínky:

Na obou přístrojích byly nastaveny stejné podmínky měření.

zkušební plocha	20	cm^2
tlakový spád	200	Pa
měřicí přesnost přístroje FX 3300	+/- 3	%

Počet odzkoušených vzorků:

Pro každý materiál bylo provedeno 5 měření na různých místech tkaniny.

Výsledky zkoušky jsou uvedeny v tabulce:

Přístroj A- FX3300	Textilie1	Textilie 2	Textilie 3	Textilie 4	Textilie 5
Průměrná hodnota prodyšnosti [cm/s]	$R_1 = 7,4$	$R_2 = 44,2$	$R_3 = 130,6$	$R_4 = 200,4$	$R_5 = 412,8$
Variační koeficient [%]	5,7	9,3	12,3	1,7	2,9
95 % interval spolehlivosti [cm/s]	+/- 0,33	+/- 3,21	+/- 12,60	+/- 2,64	+/- 9,27

Přístroj B	Textilie1	Textilie 2	Textilie 3	Textilie 4	Textilie 5
Průměrná hodnota prodyšnosti [cm/s]	$R_1 = 7,6$	$R_2 = 45,72$	$R_3 = 132,86$	$R_4 = 207,56$	$R_5 = 427,16$
Variační koeficient [%]	4,1	3,6	6,3	0,7	3,8
95 % interval spolehlivosti [cm/s]	+/- 0,24	+/-1,30	+/- 6,55	+/- 1,09	+/- 12,67

6. Ekonomické zhodnocení přístroje

Měření prodyšnosti textilií má asi největší opodstatnění u textilií určených pro výrobu sportovních oděvů. Při zvýšené fyzické námaze sportovce vzniká teplo, které je potřeba určitým způsobem odvést. K tomu nejlépe poslouží materiály s vysokou prodyšností a umožní tak přístup chladnějšího vzduchu k tělu sportovce. Naopak třeba u spacích pytlů určených pro vysokohorskou turistiku je z pochopitelných důvodů vysoká prodyšnost zakázána. Určitě je však hodnota prodyšnosti jednou z důležitých vlastností látky a je zapotřebí ji hodnotit.

Menší textilní výrobci však často nejsou schopni ve svých podmínkách tato měření provádět a využívají služeb specializovaných podniků. Jsou k tomu donuceni zejména díky vysokým cenám měřicích přístrojů, které se pohybují v řádech několika set tisíc korun. Přístroj popsany v této bakalářské práci má tento problém odstranit. Na trh by se tak mohlo dostat zařízení, které sice nebude plně ekvivalentní komerčním přístrojům, ale jistě dostačující pro orientační měření. Cena tohoto přístroje by mohla být mnohem nižší a případní majitelé by také určitě ocenili nevelké rozměry a díky propracované konstrukci i nízkou hlučnost.

7. ZÁVĚR

Přestože v průběhu realizace elektroniky vznikla řada problémů všechny se nakonec povedlo odstranit a dokončit přístroj. Největší potíže byly spojeny s realizací desky plošných spojů. Nutnost umístit součástky na omezený prostor zapříčinila že, u jednoho odporu došlo k porušení ochranného laku o vývod jiné součástky a poté i k propojení. Výsledkem pak bylo zobrazování nesmyslných hodnot na znacích displeje. Po odstranění tohoto technického nedostatku proběhla zkušební měření, která potvrdila, že naměřené hodnoty se významně neliší od kalibračního přístroje FX 3300. Na tomto základě mohu říci, že výsledkem mé celoroční práce je funkční elektronika schopná měřit prodyšnost látek při tlakovém spádu 200 Pa s velikostí zkušební plochy 20 cm^2 .

Náměty na další vylepšení: v současné verzi firmwaru je použita kalibrační konstanta vypočtená z deseti naměřených hodnot. V případě vyšších nároků na přesnost měření byt tak šlo provést zkušební měření na padesáti vzorcích a konstantu upřesnit. Další možnost jak vylepšit měřicí vlastnosti přístroje spočívá ve zdokonalení konstrukce. Pro měření látek s vyšší prodyšností by tak šlo snížit tlakový spád, nebo zvolit alternativní velikost měřicí plochy a tím tak dosáhnou přesnějších měření. To by však také znamenalo upravit verzi firmwaru a změnu konstanty ve vzorci (5.4b).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HES, Luboš. *Způsob měření propustnosti porézních, zejména plošných materiálů pro vzdušiny a zařízení k provádění způsobu*. Liberec, 2002, věstník č.12/2002. 10s. Patentová přihláška vynálezu CZ 2001 – 1600 A3.
- [2] Český normalizační institut. *Textilie - zjišťování prodyšnosti plošných textilií*. Brno, Listopad 1996, Česká státní norma EN ISO 9237.
- [3] Horčík, Zdeněk. *Popis rozhraní JTAG* [online]. [cit. 2008-3-2]
URL: < <http://noel.feld.cvut.cz/vyu/ap2/JTAGmoje.htm> >
- [4] Horkel, Milan. *Programování procesorů ATMEL AVR*. [online].
[cit. 2008-02-12]
URL: < <http://www.mlab.cz/Modules/AVR/ATmega801A/DOC/Programovani%20AVR.cs.pdf> >.
- [5] Atmel Corporation. *Datasheet ATmega32, ATmega32L*. [online].
[cit. 2008-8-10]
URL: < http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2503S.pdf >.
- [6] Sourceforge. *Dokumentace vývojového prostředí WinAVR*. [online].
©Copyright 1999-2008. URL: < <http://sourceforge.net/> >.
- [7] Hrbáček, J. *Komunikace mikrokontroléru s okolím 1*. BEN, Praha 2002,
ISBN 80-86056-42-2
- [8] Matoušek, David. *Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR*. BEN, Praha 2006,
ISBN 80-7300-174-8

PŘÍLOHA A

Přerušení od čítače/časovače1

```
#include <avr/interrupt.h> //připojení knihovny přerušení ISR()
volatile int sek,seka,sekb,sekc,led1,led2,led3,led4,tecka,cas;

ISR(TIMER1_OVF_vect)          // obsluha přerušení, viz tabulka dole
{
    TCNT1=60577;
    cas=cas+1;
    switch(znak) //rozhodování, zda budu v režimu statistiky, nebo měření
    {
        case 0:
            PORTB=num[sek];
            PORTD=247;
            break;

        case 1:
            PORTB=num[seka];
            PORTD=251;
            break;

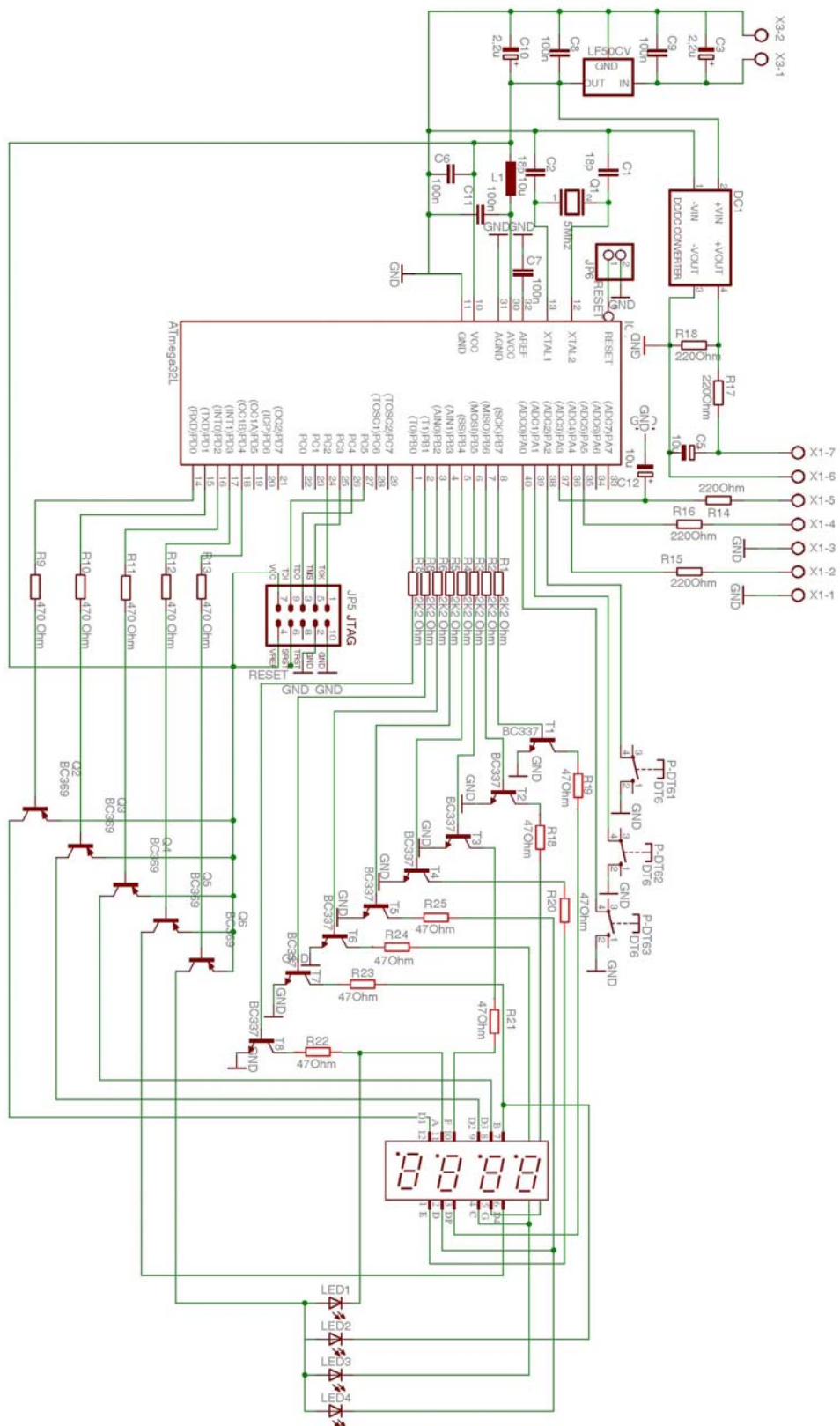
        case 2:
            PORTB=num[sekb];
            PORTD=253;
            break;

        case 3:
            PORTB=num[sekc];
            PORTD=254;
            break;

        case 4:
            PORTB=led[diody];
            PORTD=239;
            break;
    }
    znak=znak+1;
    if(znak==5)
    {
        znak=0;
    }
}

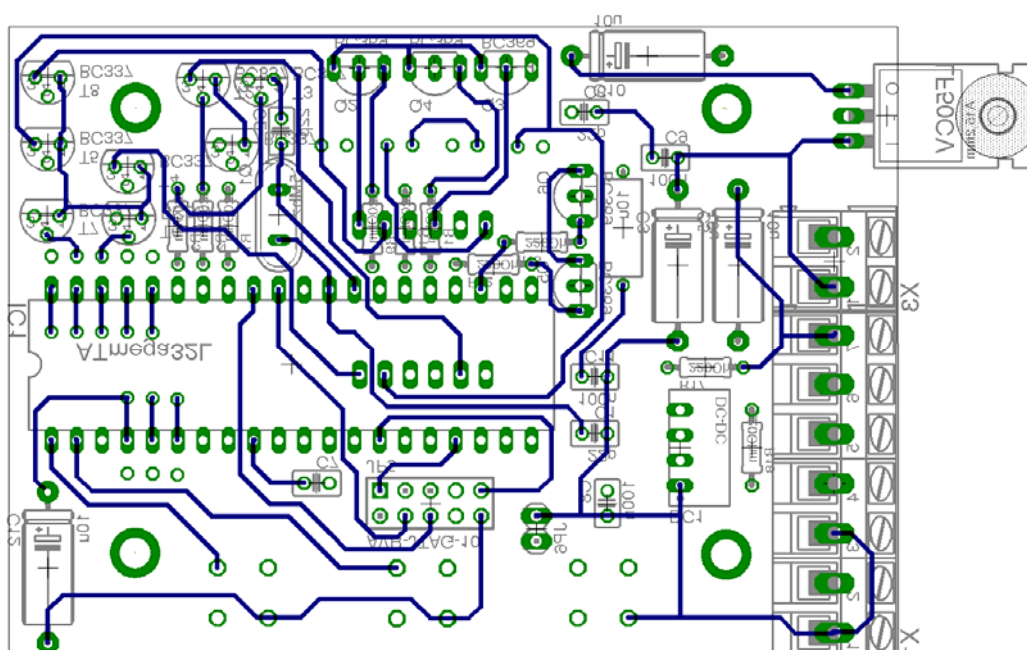
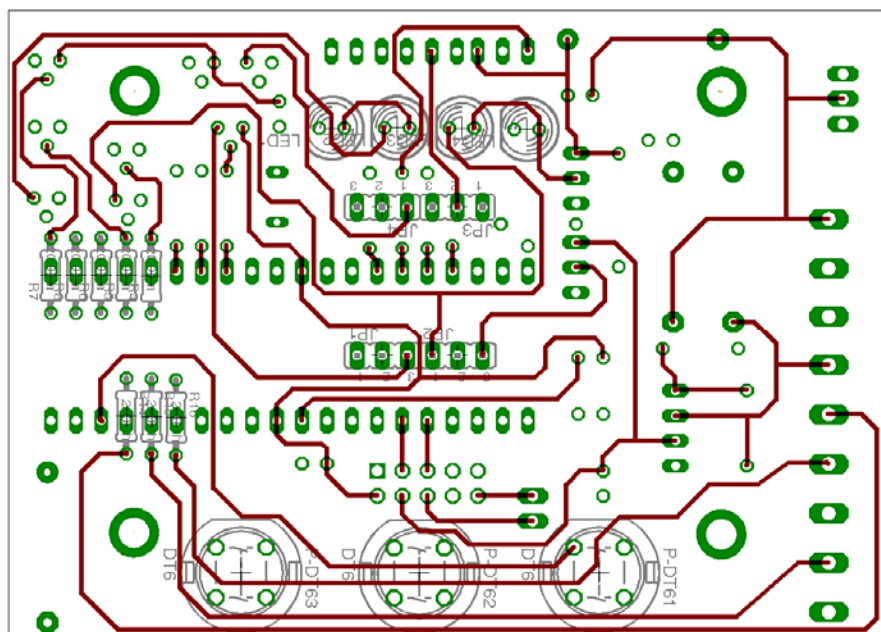
int main (void)              //hlavní funkce
{
    TCNT1=65085;              //naplnění časovače
    setb(TIMSK,2);            //povol přerušení timer1_overflow (přetečení)
    sei();                    //povolení přerušení
}
```


Zapojení obvodu



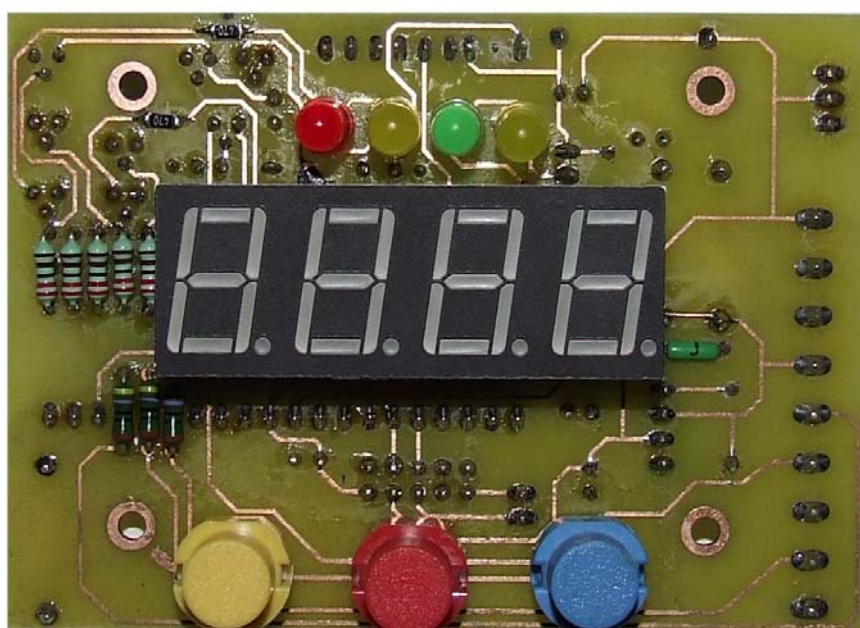
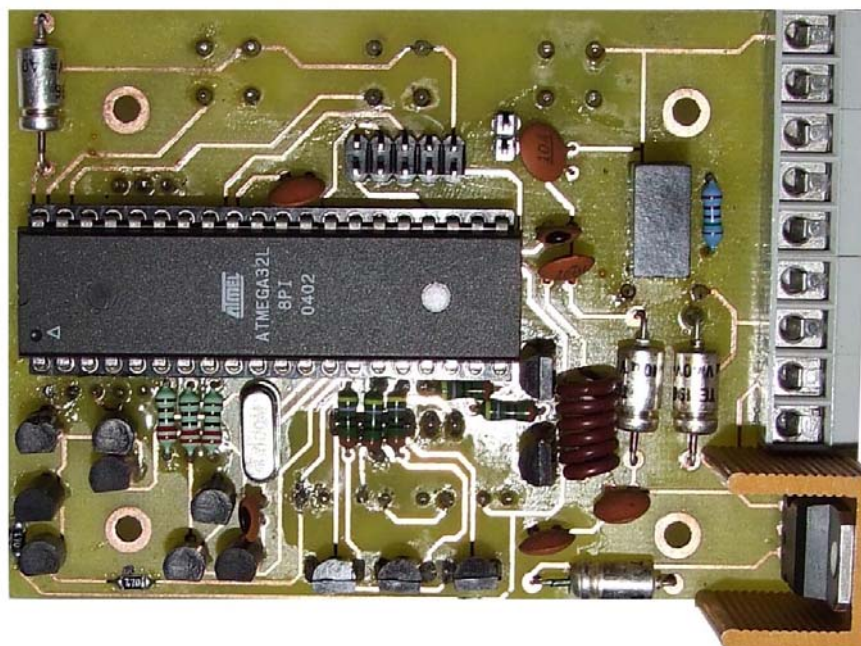
PŘÍLOHA C

Návrh desky plošného spoje



PŘÍLOHA D

Osazený plošný spoj



PŘÍLOHA E

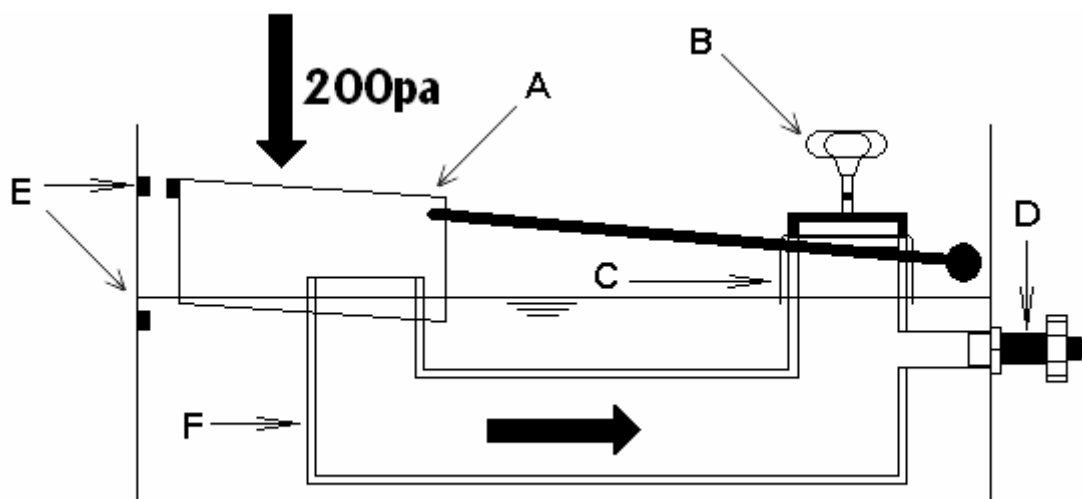
obsah CD

- Bakalářka

- + **Datasheet** – Katalogové listy
- + **Dokument** – Text práce ve formátu DOC, PDF
- + **Firmware** – Zdrojové soubory programu
- + **Hardware** – Návrh schématu a DPS

PŘÍLOHA F

návod k použití



A = Tlaková nádoba

D = Tlakoměr

B = Upínací hlava

E = Jazýčkové senzory

C = Zkoušený vzorek

F = Tlakové potrubí

Bezpečnostní informace

Tento přístroj splňuje podmínky ČSN EN ISO 9237 pro zjištění prodyšnosti plošných textilií a je chráněn patentovou přihláškou CZ 2001 – 1600 A3 zveřejněnou 11.12.2002 ve věstníku číslo 12/2002

- přístroj připojte jen na stabilizovaný zdroj napětí 6V, který je schopný dodávat do obvodu proud větší než 1 A
- napěťový kabel vytahujte až po vypojení adaptéru ze sítě
- neuvádějte přístroj do provozu:
 - jestliže se do elektroniky přístroje dostala voda
 - jestliže přístroj vykazuje viditelné poškození
 - jestliže do tlakového potrubí vnikla kapalina
 - jestliže v nádobě není dostatečná výška hladiny

- dbejte na to, aby při zvedání tlakové nádoby byl odstraněn zkoušený vzorek z upínací hlavy a nedostala se tak kapalina do tlakového potrubí
- tlakovou nádobu zatěžujte jen přiměřeným závažím tak, aby výsledný tlakový spád nepřekročil hranici 1000 Pa

Příprava k provozu

Příslušenství přístroje tvoří:

- závaží pro vytvoření tlakového spádu 200 Pa
- dva upevňovací šrouby
- těsnící hlava

Všechny tyto součásti je nutné před započetím měření připevnit k tělu přístroje. K tomu jsou určeny upevňovací šrouby s plastovou rukovětí. První z těchto šroubů slouží pro upevnění závaží ke dnu tlakové nádoby. Druhý pak k připevnění upínací hlavy přístroje umístěné nad vývodem tlakového potrubí.

Provoz přístroje

1. Vymazání paměti pro ukládání naměřených výsledků

Přístroj umožňuje uložit hodnoty až 100 měření. K tomu je však nutné při každém novém měření vymazat paměť, a tím tak zajistit výpočet variačního koeficientu ze správných hodnot. Postačuje **dlouhý stisk žlutého tlačítka** (minimálně 3 sekundy), čímž program přejde do režimu statistiky (rozsvícení žluté LED) a poté dalším **dlouhým stiskem červeného tlačítka** vymazání paměti.

2. Vyzvednutí tlakového zvonu do horní polohy

Při opakovaném měření je třeba dbát na to, aby při vyzvedávání tlakového zvonu **nebyl umístěn zkušební vzorek** v čelistích přístroje a vzniklým podtlakem tak nevnikla kapalina do tlakového potrubí přístroje.

3. Upnutí měřeného vzorku do kruhového držáku

Zkušební vzorek **musí být upnut** do kruhového držáku vzorku **s použitím dostatečného napětí**, které zabrání vzniku záhybů. Je třeba dbát na to, aby upnutá **plocha textilie nebyla deformována**. Je třeba se vyhnout švům, zmačkaným místům a skladům. U plošných textilií, jejichž strany mohou být různě prodyšné, se v protokolu o zkoušce uvede, která strana byla zkoušena.

4. Potvrzení měření

Za předpokladu, že tlaková nádoba je v horní poloze a v držáku vzorku je upnut měřený vzorek, je nutné **krátkým stiskem modrého tlačítka** tento stav potvrdit.

5. Uvolnění tlakového zvonu

Samotné měření je odstartováno uvolněním páky umístěné na vnitřní levé straně přístroje.

6. Uložení naměřené hodnoty

Před započítím dalšího měření je vhodné naměřené hodnoty uložit. S každou další uloženou hodnotou je vypočten aktuální variační koeficient a měření tak lze kdykoliv ukončit.

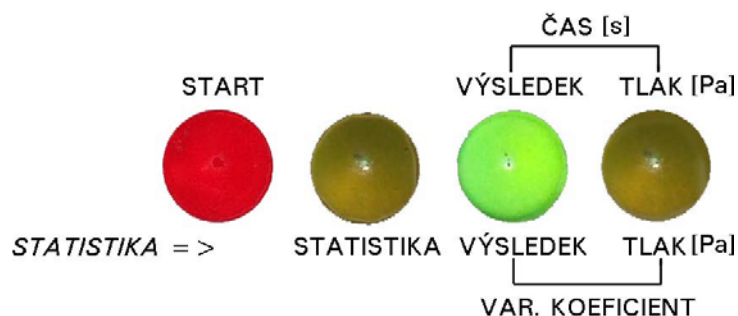
7. Zobrazení naměřené veličiny

Přístroj v průběhu měření zaznamenává veličiny nutné k výpočtu prodyšnosti. K těm lze přistupovat postupným, krátkým mačkáním žlutého tlačítka. Zobrazit tak lze měřený tlak v [Pa] (svítí žlutá LED), výsledek (svítí zelená LED) a čas v [s] (svítí žlutá i zelená LED). V režimu statistiky pak lze navíc zobrazit i variační koeficient.

Technické údaje:

Zkušební přetlak:	200 Pa
Zkušební médium:	vzduch
Pracovní médium:	voda-vzduch
Objem nádoby:	2030 cm ³
Zkoušená plocha textilie:	20 cm ²

Zobrazované údaje na panelu přístroje:



n = 1

uloženy hodnoty 1. měření

START

přechod do statistiky

— — — —

paměť přístroje byla vymazána

Funkce tlačítek:

Funkce tlačítek

	Tlač. 1 (žluté)	Tlač. 2 (červené)	Tlač. 3 (modré)
krátký stisk	změna veličiny	uložení hodnoty	START
dlouhý stisk	statistika	bez funkce	bez funkce

Funkce tlačítek ve statistice

	Tlač. 1 (žluté)	Tlač. 2 (červené)	Tlač. 3 (modré)
krátký stisk	změna veličiny	další měření	START
dlouhý stisk	měření	smazání statistiky	bez funkce